

**Первый (отборочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету
«Физика», осень 2017 г.**

Вариант № 4

ЗАДАЧА 1.

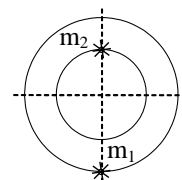
Снаряд вылетает из ствола с угловой скоростью вращения $\omega = 3 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ сделав внутри ствола $n = 2$ оборота. Длина ствола $\ell = 1,0 \text{ м}$. Считая движение снаряда в стволе равноускоренным, найдите скорость снаряда в момент вылета.

ЗАДАЧА 2.

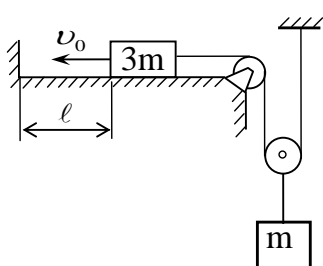
Самолёт совершает вираж, двигаясь по окружности радиуса $R = 7 \text{ км}$ на одной и той же высоте. Определите с какой постоянной скоростью движется самолёт, если плоскость крыла самолёта наклонена к горизонтальной плоскости под постоянным углом $\alpha = 30^\circ$.

ЗАДАЧА 3.

Массы двух звезд равны $m_1 = m$ и $m_2 = 8m$, расстояние между ними равно ℓ . Найдите период T обращения этих звезд по круговым орбитам вокруг их общего центра.



ЗАДАЧА 4



В системе, изображённой на рисунке, груз m висит на подвижном блоке, а другой груз массы $3m$ лежит на горизонтальной плоскости. В начальный момент груз $3m$ находится на расстоянии ℓ от вертикальной стенки, движется к ней с начальной скоростью v_0 и ударяется о неё. Считая удар груза о стенку абсолютно неупругим, определите максимальную высоту H , на которую поднимется груз, подвешенный к блоку, от начального положения. Нить считать нерастяжимой. Трением и массой нити и блоков пренебречь.

ЗАДАЧА 5.

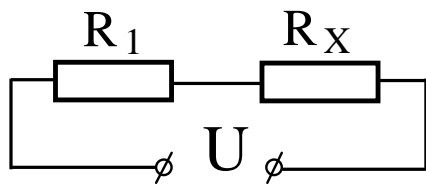
Две свинцовые пули, массы которых m и $3m$, летящие с одинаковыми скоростями v во взаимно перпендикулярных направлениях, испытали абсолютно неупругий удар. Найдите количество теплоты, которое выделится в результате этого удара.

ЗАДАЧА 6.

Рабочим веществом идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, является один моль идеального одноатомного газа. КПД цикла известен и равен η . Определите температуру холодильника, если работа, которую совершает газ при адиабатическом расширении, равна A .

ЗАДАЧА 7.

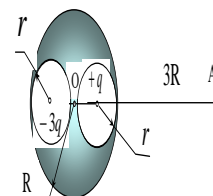
Внутри незаряженного металлического шара радиусом R имеются две сферические полости радиусами $r < 0,5 \cdot R$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре O шара. В центре одной полости поместили заряд отрицательный заряд $-3q$, а затем в центре другой - положительный заряд $+q$.



Найдите модуль и направление вектора напряжённости \vec{E} электростатического поля в точке A , находящейся на расстоянии $3R$ от центра O шара на линии, соединяющей центры полостей.

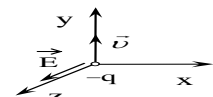
ЗАДАЧА 8.

Отрицательно заряженная частица движется с постоянной скоростью \vec{v} вдоль оси y в стационарном однородном электромагнитном поле. Определите модуль и направление вектора магнитной индукции \vec{B} , если вектор напряжённости электрического поля \vec{E} направлен вдоль оси z .



ЗАДАЧА 9.

Сопротивления $R_1 = 5$ Ом и изменяемое сопротивление R_x , подключены к источнику постоянного напряжения $U = 10$ В. Найдите значение сопротивления R_x , при котором на нём выделяется максимальная тепловая мощность, и значение этой мощности.



ЗАДАЧА 10.

Из тонкого провода сделано кольцо радиуса R . По кольцу течет ток I , а перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией B . Определите плотность тока j , при которой кольцо разорвётся, если разрыв провода происходит, когда механическое напряжение в любом его сечении достигает значения σ_m . Магнитным полем тока пренебречь

Решение варианта № 4

ЗАДАЧА 1.

Ответ:
$$v_{\max} = \frac{\ell \omega_{\max}}{2\pi \cdot n} \approx 239 \text{ м/с}.$$

Для равноускоренного вращательного движения снаряда

$$\varphi = \frac{1}{2} \omega_{\max} \tau, \text{ откуда } \tau = \frac{2\varphi}{\omega_{\max}}$$

Здесь τ - время движения снаряда в стволе пушки.

Аналогично, для равноускоренного движения скорость $\ell = \frac{1}{2} v_{\max} \tau$, откуда

$$v_{\max} = \frac{2\ell}{\tau} = \frac{\ell \omega_{\max}}{2\pi \cdot n} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \approx 239 \text{ м/с}.$$

ЗАДАЧА 2.

Ответ:
$$v = \sqrt{Rg \cdot \operatorname{tg} \alpha} \approx 200 \text{ м/с (720 км/ч)}.$$

Из условия горизонтальности полёта $F \cos \alpha = mg$, откуда

$$F = \frac{mg}{\cos \alpha} - \text{сила, действующая на крылья самолёта перпендикулярно}$$

их плоскости.

Используя второй закон Ньютона для движения по окружности

радиуса R , запишем
$$\frac{mv^2}{R} = F \sin \alpha.$$

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{mv^2}{R} = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ откуда } v = \sqrt{Rg \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

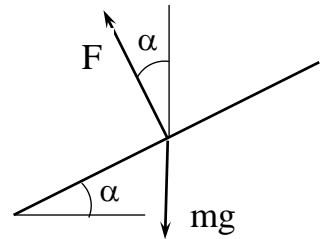
$$v = \sqrt{7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} \approx 200 \text{ м/с (720 км/ч)}$$

ЗАДАЧА 3.

Ответ:
$$T = \frac{2}{3} \pi \ell \sqrt{\frac{\ell}{mG}}.$$

ЗАДАЧА 4.

Ответ:
$$H = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{9}{26} \ell.$$



Используя закон сохранения энергии, получим:

$$H = \frac{\ell}{2} + \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{9}{26} \ell, \text{ где } v - \text{ скорость груза массы } m \text{ в момент удара о стенку.}$$

ЗАДАЧА 5.

Ответ: $Q = \frac{3}{4} m v^2$.

По закону сохранения импульса $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$, где $p_1 = m v$, $p_2 = 3 m v$,
 $p = (m + 3m) u = 4 m u$.

$$4m \cdot u = \sqrt{(m v)^2 + (3m v)^2} = m v \sqrt{10}; \quad u = \frac{v \sqrt{10}}{4}.$$

Суммарная кинетическая энергия до удара $E_1 = \frac{m}{2} v^2 + \frac{3m}{2} v^2 = 2m v^2$,

Кинетическая энергия обеих пуль после удара $E_2 = \frac{m + 3m}{2} u^2 = 2m \frac{5v^2}{8} = \frac{5}{4} m v^2$.

Таким образом, количество теплоты, выделившееся при ударе, равно

$$Q = E_1 - E_2 = 2m v^2 - \frac{5}{4} m v^2 = \frac{3}{4} m v^2.$$

ЗАДАЧА 6.

Ответ: $T_2 = \frac{2(1-\eta)A}{3R\eta}$.

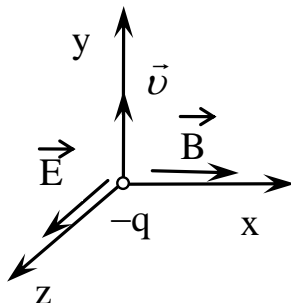
ЗАДАЧА 7.

Ответ: $E = -\frac{q}{18\pi\epsilon_0 R^2}$ Вектор \vec{E} направлен к центру шара.

ЗАДАЧА 8.

Ответ: На рисунке.

$$B = \frac{E}{v}$$



ЗАДАЧА 9.

Ответ: $R_x = 5 \text{ Ом}$; $P_{\max} = 5 \text{ Вт}$.

ЗАДАЧА 10.

Ответ: $J_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{B \cdot R}$.